

PAC による濁質の凝集沈殿処理に及ぼす水温の影響

北見工業大学 フェロー 海老江 邦雄 学 生 員 ○ 佐藤 秀哉
学 生 員 李 宰昊 張 一憲

1. ま え が き

北海道などの寒冷地には低温、低アルカリ度水が多いこともあり、ポリ塩化アルミニウム（以下、PAC と称す）が最も効果的な凝集剤として普及している。しかしながら、低水温期における凝集沈殿効果の低下や凝集剤の過剰注入に伴う過水の Al 濃度の上昇に関する問題が顕在化してきた。ここでは、自然河川表流水の模擬原水としてカオリン試料水を用いてジャーテストを行い、水温変動下における処理性について基礎的に検討した結果を報告する。

2. 実 験

凝集剤として、水道用 PAC (Al_2O_3 含有率 10.5%、化学式 $[\text{Al}_2(\text{OH})_n\text{Cl}_{6-n}]_m$ 、ここで、 $1 \leq n \leq 5$ 、 $m = 10$) を使用した。ジャーテストの基本条件としては、急速攪拌 120rpm (5 分間) 緩速攪拌 40rpm (10 分間) 沈殿 (30 分間) とし、定温室内で室温、水温ともに一定の条件 (2.0 ~ 20.0) に制御して実験を行った。

図 1 は、原水濁度 50mg/l の試料水の水温 (低温 2、高温 20) と PAC 注入率 (10、30mg/l) とを変えて行った実験結果を示している。水温と凝集剤注入率との両方が低い場合には、濁度除去率が著しく低下するとともに、凝集 pH 領域の下限が若干高くなる傾向が認められた。以後の実験においては、試料水の pH として pH6.8 ~ 7.0 を採用した。

ジャーテストについては、濁質の処理性に及ぼす因子の効果を三元および二元配置法で分析することを目的に、水温を 2、5、10、15、20 の 5 水準、原水濁度を 12.5、25.0、50.0mg/l の 3 水準、PAC 注入率を 10、20、30mg/l の 3 水準に設定して行った。その後、上澄水の濁度 (積分球式濁度計) と Al (オキシシン法) とを測定した。Al については、 $\phi 0.45 \mu\text{m}$ のメンブレンフィルターでろ過を行い、全 Al とろ過性 Al とに分けた。また、急速攪拌強度を上昇させた実験を行い、低水温における凝集性の改善について検討を行った。

3. 結果および考察

1) 濁質の処理性に及ぼす因子の効果

表 1 は、上澄水濁度の動きを示す。水温の効果については、原水濁度 12.5mg/l の場合の上澄水濁度 (濁度除去率) は、2 で平均 7.1mg/l (43%)、20 で 0.7mg/l (94%)、また、原水濁度 50mg/l の場合、2、20 における上澄水濁度 (濁度除去率) は 14.2mg/l (72%)、1.2mg/l (98%) となっている。また、図 2 と図 3 の平均上澄水濁度の動きから、低水温、特に 5 以下では、原水濁度が低いほど、また、PAC 注入率が低いほど上澄水濁度は上昇し、濁度除去率の低下が確認された。

上澄水濁度の変動に及ぼす各因子の寄与率を明らかにするため、表 1 のデータを基に三元配置法で分散分析した結果を表 2 に掲げる。各因子の寄与率は、水温 51.1%、PAC 注入率 21.1%、原水濁度 4.0% の順となっており、水温の影響が他の因子よりも大きいことが明らかになった。

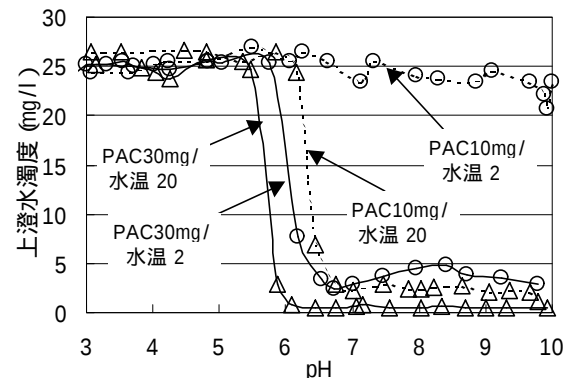


図 1 pH と上澄水濁度の動き

表 1 上澄水濁度 (mg/l) の動き

原 水 (mg/l)	PAC (mg/l)	水 温 ()					平 均
		2.0	5.0	10.0	15.0	20.0	
12.5	10	8.2	6.5	4.2	2.4	1.3	4.5(64)
	20	7.7	3.7	1.3	0.7	0.4	2.8(78)
	30	5.3	2.1	0.6	0.4	0.3	1.7(86)
	平均	7.1 (43)	4.1 (67)	2.0 (84)	1.2 (90)	0.7 (94)	3.0(76)
25.0	10	14.3	10.2	6.2	2.4	1.8	7.0(72)
	20	12.4	3.4	1.7	0.7	0.6	3.8(85)
	30	4.6	1.6	0.6	0.5	0.3	1.5(94)
	平均	10.4 (58)	5.1 (80)	2.8 (89)	1.2 (95)	0.9 (96)	4.1(84)
50.0	10	23.4	14.9	6.9	3.4	2.4	10.2(80)
	20	14.0	5.2	2.5	0.6	0.7	4.9(90)
	30	5.1	1.8	1.0	0.6	0.5	1.8(96)
	平均	14.2 (72)	7.3 (85)	3.5 (93)	1.6 (97)	1.2 (98)	5.6(89)

括弧内の数値は除去率 (%)

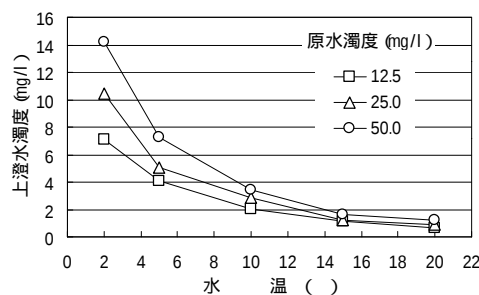


図 2 原水濁度の変動下における
水温と平均上澄水濁度

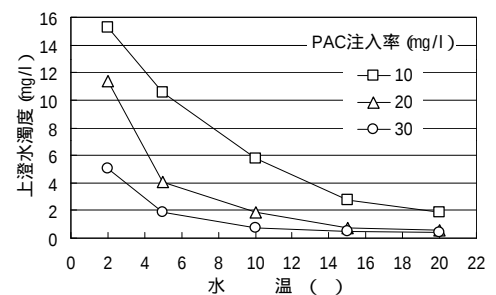


図 3 PAC 注入率変動下における
水温と平均上澄水濁度

キーワード：ジャーテスト、PAC、低水温、濁度、因子の寄与率

連絡先：〒090 - 8507 北見市公園町 165 番地 北見工業大学 TEL.0157 - 26 - 9501 FAX.0157 - 23 - 9408

原水濁度ごとに、水温、PAC 注入率が上澄水濁度の変動に及ぼす因子の効果を二元配置法で検討した結果を表 3 に掲げる。水温の寄与率は低濁試料水から高濁試料水への順に 78.0%、62.7%、49.5% となり、原水濁度が低い場合ほど水温の影響は大きい。また、PAC 注入率の寄与率は、低濁試料水から高濁試料水への順に 17.5%、24.6%、30.7% となり、水温の寄与率より大幅に低い値であるが、高濁原水となるほどその寄与率は相対的に大きくなることが分かった。

図 4 および図 5 は、原水濁度 12.5 および 50.0mg/l で行ったジャーテストにおける上澄水中の全 Al およびろ過性 Al を示している。ろ過性 Al 濃度については、いずれの原水濁度、PAC 注入率においても低水温になるほど、また、高濁試料水よりも低濁試料水の方が、特に PAC 注入率が高い場合ほど、高くなっている。これらのことから、低水温ほど、また低濁試料水ほど微細で低密なマイクロフロックが形成されるため、自然沈降できなかったものと推測される。

2) 急速攪拌強度の上昇による凝集性の改善

表 4 は、急速攪拌強度の上昇に伴う処理性を、原水濁度 50mg/l、PAC 注入率 10mg/l の試料水で調べた結果である。水温の低下(水温 20 から 2 への低下で粘度は約 1.6 倍に上昇)に伴う G 値の動きを回転数 240rpm の場合で見ると、高水温時の 397 に対し、低水温時には 308 と 22.4% 低下している。このように、粘性の上昇に伴う攪拌強度の低下が濁質の凝集に大きく影響している。すなわち、表 4 の 2.0 における処理結果を見ると、低水温下で急速攪拌の回転数が 120 から 240rpm へ 2 倍に上昇(G 値では 109 から 308 へ約 3 倍)すると、上澄水濁度は 28.7 から 26.5mg/l (2.2mg/l) へと 7.7% 低下している。

同時に測定した上澄水中の全 Al (平均 0.448mg/l) およびろ過性 Al (平均 0.320mg/l) の動きを見ると、約 65.5% がカオリン濁質と絡んだ水酸化物となっており、ろ過性 Al は攪拌強度の上昇に伴って、0.35 から 0.28mg/l へと 18.7% 減少している。それに比し、高水温時には、上澄水濁度、全 Al とともに低くなっているが、攪拌強度の上昇に伴って、濁度は 1.5mg/l (約 45.5%)、ろ過性 Al は 0.024mg/l (約 15.4%) 減少している。

4. ま と め

凝集沈殿効果は低濁・低温原水の場合ほど大きく低下すること、低水温下で処理水性を改善するには PAC 注入率の上昇が効果的であること、さらに、G 値の上昇による効果は小さいことなどが分かった。また、上澄水中のろ過性 Al の動きから、凝集沈殿効果を改善するには、残留するマイクロフロックを粗大化させるために、凝集助剤などの使用を検討すべきと考える。

【文 献】

- (1) Juli K. Moriss and William R. Knocke : Temperature Effects on the Use of Metal-Ion Coagulants for Water Treatment , Jour.AWWA , Vol.75 , No.3 , pp.74-79 , 1984 .
- (2) Johannes Haarhoff and John L. Cleasby : Comparing Aluminum and Iron Coagulants for In-line Filtration of Cold Water , Jour.AWWA , Vol.80 , No.4 , pp.168-175 , 1988.
- (3) Adrian T. Hanson and John L. Cleasby : The Effects of Temperature on Turbulent Flocculation - Fluid Dynamics and Chemistry - , Jour.AWWA , Vol.82 , No.11 , pp.56-73 , 1990.
- (4) 海老江 邦雄、東 義洋ら：寒冷地における粒状活性炭による高度浄水処理、第 47 回全国水道協会発表講演集、pp.122 - 123、1996.

表 2 三元配置法による分散分析

要 因	自由度	変 動	寄与率(%)	判定
水温:A	4	567.1	51.1	**
原水:B	2	49.0	4.0	**
PAC :C	2	235.5	21.1	**
A×B	8	46.8	2.2	
A×C	8	103.5	7.4	**
B×C	4	41.4	2.8	*
誤差:E	16	45.2	11.4	
総変動	44	1088.5	100.0	

**と*は F 検定でそれぞれ 1%、5% で有意を示す。

表 3 二元配置法による分散分析

要 因	自由度	原 水 濁 度 (mg/l)					
		12.5	25.0	50.0	12.5	25.0	50.0
		変 動			寄 与 率 (%)		
水温 : A	4	172.7	386.8	642.0	78.0	62.7	49.5
PAC : B	2	38.8	151.9	396.7	17.5	24.6	30.7
A × B	8	9.5	74.6	225.1	4.1	11.8	16.3
誤差 : E	8	0.3	2.1	16.2	0.4	1.0	3.9
総変動	22	221.2	615.3	1278.0	100.0	100.0	100.0

寄与率は全て F 検定において 1% 有意

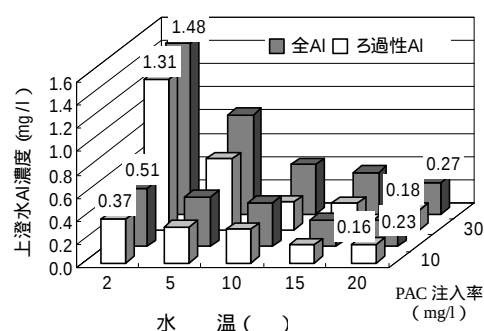


図 4 水温とろ過性 Al (原水濁度 12.5mg/l)

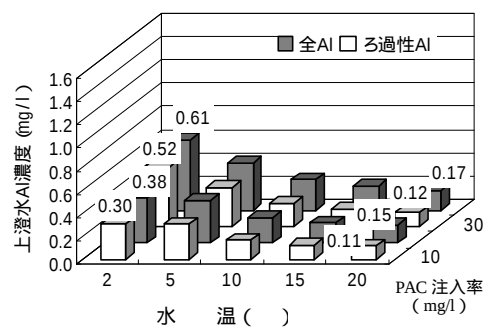


図 5 水温とろ過性 Al (原水濁度 50.0mg/l)

表 4 急速攪拌強度の上昇と改善効果

低 水 温 (2.0)				
回転数 (rpm)	G 値 (S ⁻¹)	上澄水濁度 (mg/l)	全 Al (mg/l)	ろ過性 Al (mg/l)
120	109	28.7	0.514	0.348
160	168	27.1	0.501	0.335
200	235	26.7	0.486	0.312
240	308	26.5	0.450	0.283
高 水 温 (20.0)				
120	141	3.3	0.168	0.133
160	216	2.9	0.167	0.130
200	302	2.1	0.146	0.113
240	397	1.8	0.140	0.109